Kantelsensoren

Kantelsensoren geven een signaal af als zij onder een bepaalde hoek ten opzichte van de horizon komen te staan. Als u denkt dat dit zeer exotische onderdelen zijn hebt u het mis. U kunt er bijvoorbeeld op een eenvoudige manier uw kantelramen en deuren mee beveiligen tegen inbraak.

Auteur: Jos Verstraten, Landgraaf, Nederland
Email: josverstraten@live.nl

Publicatiedatum: 10-08-2018

Kantelschakelaars en -sensoren

Schakelaars versus sensoren
Er bestaan twee verschillende soorten onderdelen die reageren op hoekverplaatsingen.
Kantelschakelaars hebben een contact dat open is als de sensor onder een bepaalde hoek staat en sluit als deze hoek met een bepaald aantal graden wijzigt. De werking kan ook invers zijn, dus met een gesloten schakelaar in een bepaalde stand en een open schakelaar in een afwijkende stand.
Deze schakelaars worden ook wel 'tiltschakelaars' genoemd.
Kantelsensoren geven een signaal af dat proportioneel is met de hoek waaronder de sensor staat. Met deze onderdelen kunt u dus hoeken meten.

Richtinggevoelig
Vrijwel alle eenvoudige kantelschakelaars en -sensoren zijn richtinggevoelig. Het maakt heel veel uit in welke richting u de schakelaar kantelt, hij geeft alleen een signaal af als u hem kantelt in de gevoelige richting. Ingewikkelder schakelaars en sensoren zijn niet richtinggevoelig en hebben diverse uitgangen die rekening houden met de richting waarin het onderdeel kantelt.

Diverse technologieën
Er zijn vier verschillende technologieën ontwikkeld voor het registreren en meten van hoekverplaatsingen:
- Kwik kantelschakelaars.
- Rolling ball kantelschakelaars.
- Optische kantelschakelaars.
- Elektrolytische kantelsensoren.

Kwik kantelschakelaars

Opmerking vooraf
Zoals u waarschijnlijk weet mag u geen producten die kwik bevatten toepassen of zelfs importeren in de Europese Unie. Natuurlijk zijn er weer tal van uitzonderingen op dit verbod, zoals voor sommige militaire, wetenschappelijke en klinische producten. Maar ú, rechteloze particulier, mag het niet! Dit belet niet dat er op internet tientallen leveranciers zijn die nog steeds kantelschakelaars op basis van kwik leveren, voornamelijk van Chinese origine. Wij hebben u gewaarschuwd, als u deze onderdelen tóch wilt toepassen weet u nu dat u strafbaar bent.

De kwikgevulde kantelschakelaar
In de eenvoudigste uitvoering bestaat deze sensor, zie onderstaande figuur, uit een glazen buisje van ongeveer 1,0 cm lang. Aan één uiteinde zijn twee metalen contacten ingesmolten, in het buisje is een klein druppeltje kwik aanwezig. Als de sensor in de getekende stand staat ligt het kwikdruppeltje in rust tegen de rechterkant van het buisje en zijn de contacten open. Houdt u de schakelaar iets schuin in tegenuurwijzerzin, dan rolt het kwikdruppeltje naar links en sluit de contacten. Kwik is immers een uitstekende elektrische geleider.



De uitvoering van een kantelschakelaar met kwik. (© Zhejiang Xurui Electronic Co)

Eigenschappen van de kwikschakelaar
Het zal duidelijk zijn dat een dergelijk eenvoudig onderdeeltje spotgoedkoop gemaakt wordt en dus ook goedkoop wordt aangeboden. Bij AliExpress kunt u twintig van dergelijke schakelaartjes kopen voor nog geen vijf euro.
Deze allereenvoudigste uitvoering van een kwikgevulde kantelschakelaar heeft gemiddeld de onderstaande specificaties met als voorbeeld de PZ-101 van Zhejiang Xurui Electronic:

- **Diameter:** 3,5 mm
- **Lengte:** 9,0 mm
- **Maximale schakelstroom:** 0,5 A
- **Maximale geleidingsstroom:** 2 A
- **Maximale wisselspanning over de contacten:** 240 $V_{effectief}$
- **Maximaal schakelvermogen:** 20 W
- **Schakelweerstand:** 20 mΩ maximum
- **Minimale hoek om de schakelen:** 5° ~ 10°

Professionele uitvoeringen van kwikschakelaars
Het glazen buisje van de vorige foto vormt de basis van diverse kantelschakelaars in een iets professionelere uitvoering. In onderstaande foto hebben wij twee van dergelijke onderdelen samengebracht. Het kwetsbare glazen buisje is nu ondergebracht in een stevige kunststof behuizing met bevestigingsgaatjes en een stevige kabel als uitvoer.



Professionele uitvoeringen van kwikschakelaars. (© Zhejiang Xurui Electronic Co)

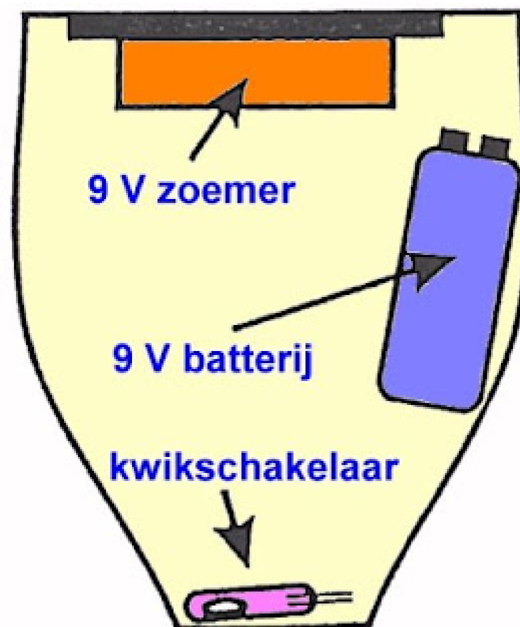
Variaties op een thema
Elektroden in glazen buisjes smelten is een eenvoudig procedé. Het zal u dan ook niet verbazen dat de fabrikanten allerlei variaties op de enkelvoudige schakelaar hebben bedacht. Op onderstaande foto hebben wij een aantal van die variaties samengebracht, met van links naar rechts:

- Een enkelvoudige omschakelaar.
- Twee enkelvoudige gescheiden schakelaars.
- Een circulaire kwikschakelaar.



Kwikschakelaars met speciale schakelconfiguraties. (© Zhejiang Xurui Electronic Co)

Eenvoudige toepassing van een kwikschakelaar
De kwikschakelaar kan op een heel nuttige manier ingezet worden in een uiterst eenvoudig inbraakalarm. Dit alarm, dat u gemakkelijk zélf kunt maken, bevat niets meer dan zo'n kwikschakelaartje, een 9 V batterijtje en een veel herrie makend 9 V zoemertje. Deze drie onderdelen monteert u met een lijmpistool, zie onderstaande figuur, in een klein rond plastic potje dat een smalle basis heeft en dus snel omvalt.
De kwikschakelaar lijmt u onder een kleine hoek op de bodem van het potje, zodat het contact in ieder geval open is. Let op de plaats van de batterij! U zet het potje op de grond achter de te beveiligen deur. Staat het potje recht, dan is de kwikschakelaar onderbroken. Wil een ongewenste bezoeker de deur openen, dan zal het potje omvallen. De zwaarte van de batterij zorgt er nu echter voor dat het potje rolt tot de batterij onder ligt. Op dat moment staat de kwikschakelaar op zijn kop en sluit het kwikdruppeltje het contact. De zoemer gaat gillen.



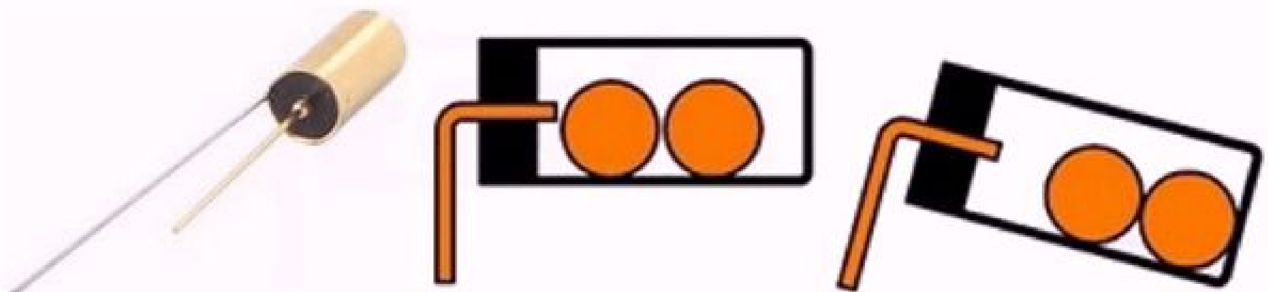
Een eenvoudig inbraakalarm met een kwikschakelaar.
(© 2018 Jos Verstraten)

Rolling ball kantelschakelaars

Metalen kogeltjes in plaats van een kwikdruppeltje
Het feit dat kwik zo'n gevaarlijk metaal is dat het in Europa zelfs werd verboden heeft onderdelen-technologen een impuls gegeven om te zoeken naar een alternatief dat even goed werkt als de kwikschakelaar en net zo goedkoop is te produceren. Dat alternatief is gevonden en deze kantelschakelaars worden aangeduid met de soortnaam *'rolling ball tilt switch'*. Zoals de naam reeds doet vermoeden is het bolletje vloeibaar kwik vervangen door

een of twee metalen kogeltjes die heen en weer kunnen rollen in een metalen buisje.
Aan één uiteinde is dit buisje voorzien van een isolerende afsluiting, waarin één elektrode is aangebracht. Het metalen buisje vormt de tweede contact van de schakelaar.

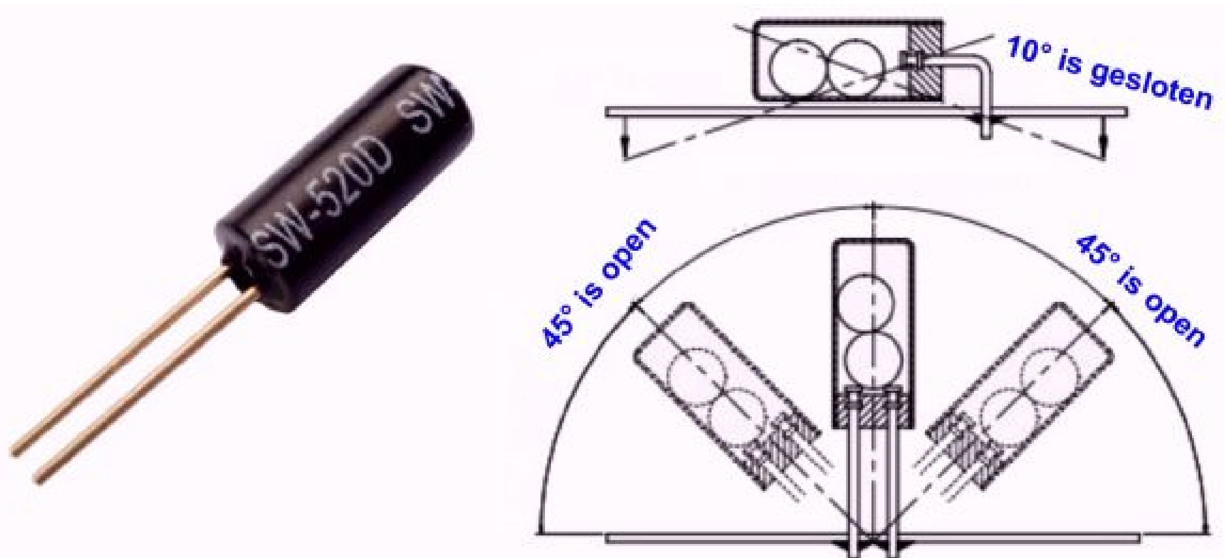
De werking van de rolling ball schakelaars
De werking van een dergelijke kantelschakelaar is uiteraard volledig te vergelijken met deze van een kwikschakelaar. In de rechter figuur is de schakelaar in de open stand getekend, in de linker figuur in de gesloten stand. Het gebruik van twee kogeltjes geeft de schakelaar wat meer massa en zorgt ervoor dat het contact betrouwbaar wordt gesloten.
Uiteraard zijn op de getekende versie talloze variaties verzonnen. De meest bekende variatie is deze waarbij het huis van de schakelaar is gemaakt van kunststof en in een zijkant twee elektroden zijn aangebracht. Het voordeel hiervan is dat de schakelaar alleen sluit als een bepaalde hoek wordt overschreden. Dan rollen de kogeltjes tegen de twee contacten aan en wordt eerst dan de schakelaar gesloten. Vanwege het gewicht van de kogeltjes is dit een stabiele toestand.



De werking van een rolling ball tiltschakelaar. (© 2018 Jos Verstraten)

De SW-520D
De SW-520D van Bailin Electronics Co is een typische en goed verkrijgbare vertegenwoordiger van de rolling ball kantelschakelaars. Zoals uit onderstaande figuur blijkt wordt de schakelaar gesloten als het onderdeel loodrecht op de horizon staat. Gaat de hoek tussen horizon en onderdeel toenemen, dan gaan op een bepaald moment de kogeltjes tegen de zijwanden rollen en wordt het contact verbroken. Dat gebeurt bij een hoek van ongeveer 45°. Monteert u de schakelaar plat op de print, dan is een afwijking van de horizon in uurwijzerzin van ongeveer 10° al genoeg om de schakelaar te sluiten.
De eigenschappen van deze kantelschakelaar zijn:

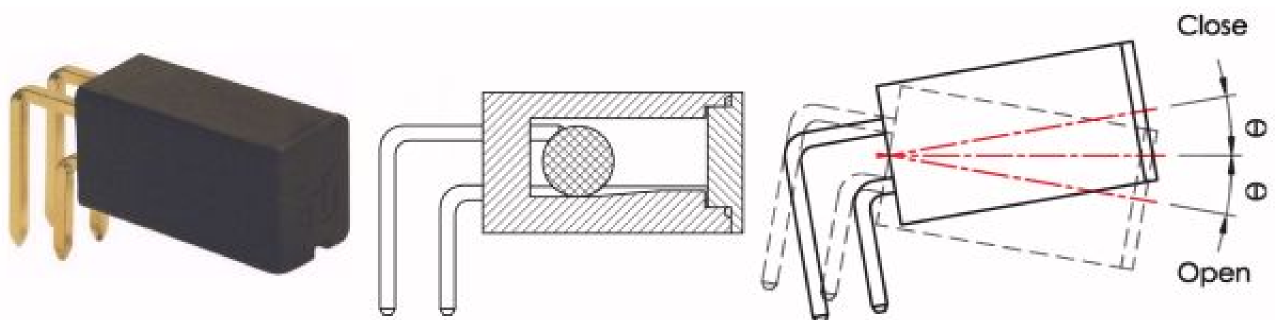
- **Afmetingen:** 5,0 mm x 12,5 mm
- **Werkspanning:** 12 V
- **Maximale stroom:** 20 mA
- **Contactweerstand:** kleiner dan 10 Ω
- **Isolatieweerstand:** groter dan 100 MΩ
- **Capaciteit in open conditie:** 5 pF



Het uiterlijk en de werking van de SW-520D. (© Bailin Electronics Co)

De RBS040200
Een zeer populaire rolling ball kantelschakelaar is de RBS040200 van Switronic. Deze moet u plat op de print monteren. De schakelaar is dan open. Een hoekafwijking in tegenuurwijzerzin van 10 graden laat de schakelaar sluiten.
De eigenschappen van deze kantelschakelaar zijn:

- **Afmetingen:** 11,0 mm x 6,0 mm x 5,0 mm
- **Werkspannning:** 24 V
- **Maximale stroom:** 25 mA
- **Contactweerstand:** kleiner dan 5 Ω
- **Isolatieweerstand:** groter dan 1.000 MΩ
- **Capaciteit in open conditie:** 5 pF

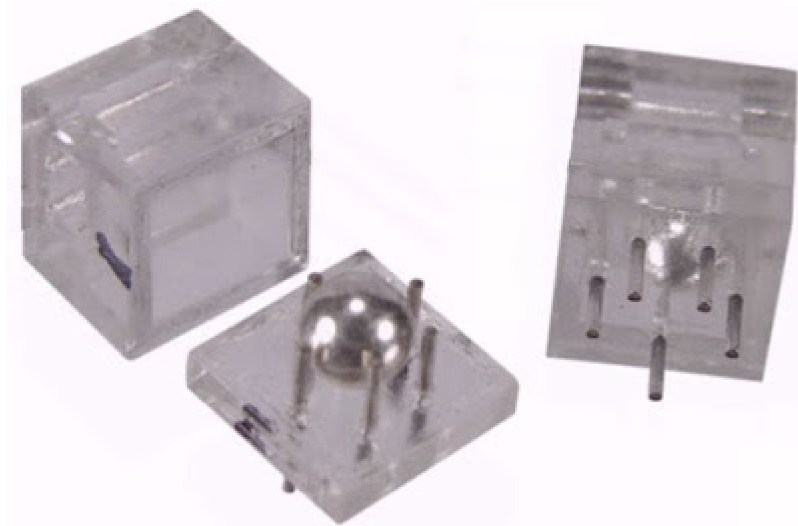


Het uiterlijk en de werking van de RBS040200. (© Switronic)

Attentie!
Zoals uit deze twee voorbeelden blijkt heeft een rolling ball schakelaar een veel hogere contactweerstand dan een kwikschakelaar. Dat is logisch want bij kwik worden de elektroden echt bevochtigd door het kwik en zijn er miljarden kwikatomen die het elektrisch contact verzorgen. Bij de rolling ball schakelaar is het contactoppervlak tussen de elektroden en de metalen kogel veel kleiner. Het gevolg is dat u dergelijke schakelaars nooit met een grote stroom mag belasten, maar dat u altijd een transistor als stroomversterker achter de schakelaar moet zetten.

Multi-direction rolling ball schakelaar
Het principe van de rollende kogel is verder uitgewerkt in de *'multi-direction rolling ball switches'*. Met deze kantelschakelaars kunt u de richting bepalen waarin de schakelaar wordt gekanteld. De werking is vrij simpel. In een bodemplaat zijn rondom een aantal elektroden aangebracht. De metalen kogel ligt in het midden van de bodemplaat in een klein kuiltje en maakt met geen enkele elektrode contact. Gaat u de schakelaar in een bepaalde richting kantelen, dan zal de kogel uit het kuiltje rollen en zich verplaatsen in de richting van de kanteling. De kogel sluit twee elektroden kort en dat kunt u uiteraard met een elektronische

schakeling detecteren. In de meeste gevallen ligt de gevoeligheid tussen 5° en 10°.

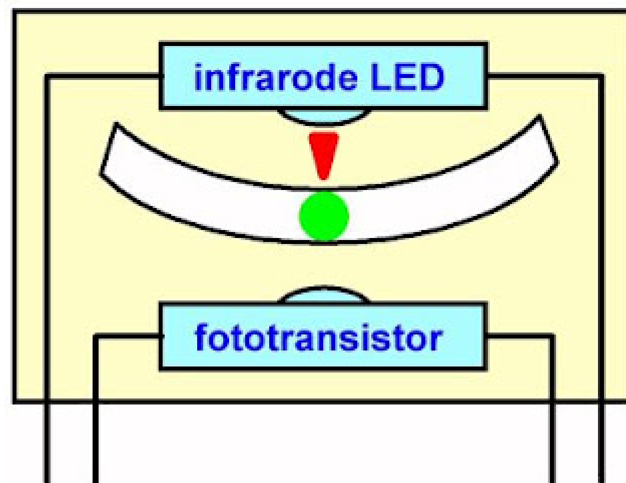


Het interne en externe van een multi-direction rolling ball schakelaar. (© eBay)

Optische kantelschakelaars

Werking

Het principe van deze kantelsensoren is geschetst in onderstaande figuur. De door een infrarode LED uitgestraalde lichtbundel valt op een fototransistor of -diode, maar in tegenstelling tot de standaard opto-elektronische koppeling kan de lichtstraal hier mechanisch worden onderbroken door een kogeltje in een transparant buisje dat zich in de weg bevindt tussen de LED en de fototransistor. Als de sensor kantelt gaat het kogeltje rollen in zijn transparant buisje en wordt de lichtstraal doorgelaten. De kantelhoek om het kogeltje aan het rollen te krijgen bedraagt meestal circa 35°.

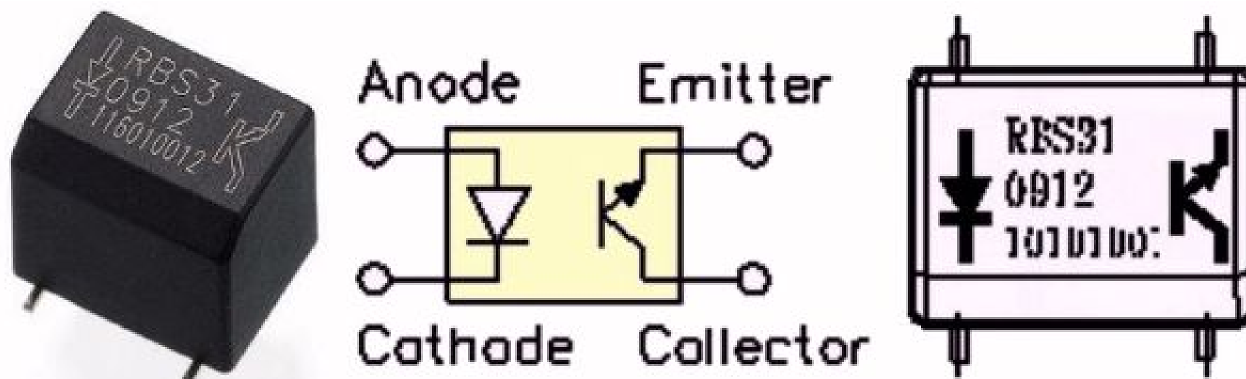


Het principe van een optische kantelschakelaar. (© 2018 Jos Verstraten)

De RBS310912T

De RBS310912T van OncQue is een typische vertegenwoordiger van dit soort kantelsensoren en kost ongeveer € 0,50. De schakelaar zit in een kunststof behuizing met als afmetingen 8 mm x 10 mm x 10,5 mm. De gevoeligheid bedraagt 20°. Uit de opdruk op de behuizing blijkt vanzelf welke van de aansluitingen met de LED en welke met de emitter en de collector van de foto-transistor zijn verbonden. De fabrikant beveelt aan de fototransistor te schakelen als emittervolger.

Als u 10 mA door de LED stuurt zal de emitterspanning typisch 5,0 V worden bij belichting.

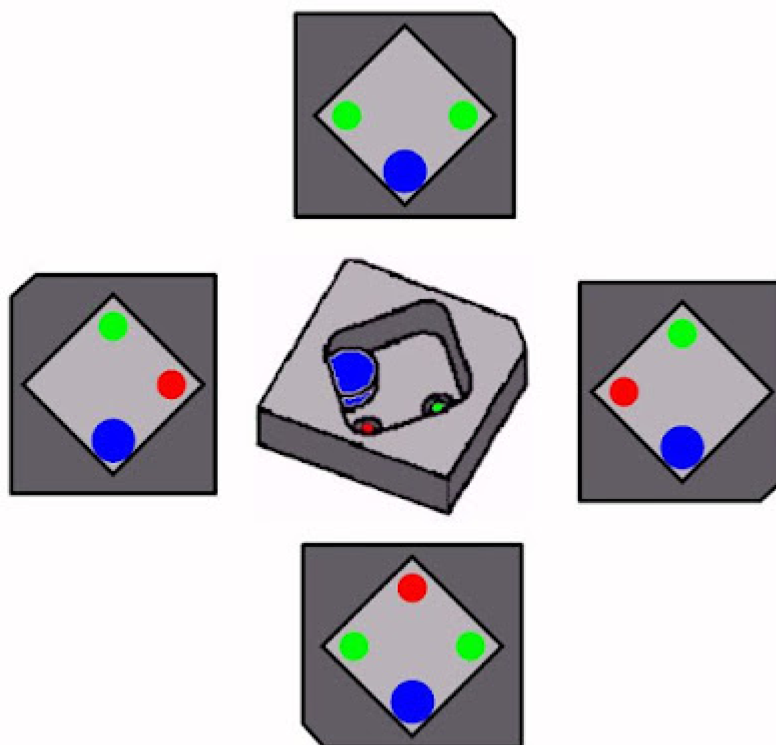


Het uiterlijk en de aansluitgegevens van de RBS310912T van OncQue. (© OncQue)

ST-00008, 4-direction optical tilt module
Deze module van SimplyTronics is samengesteld rond de RPI-1031 van ROhm. Deze SMD-chip bevat één infrarode LED, twee fototransistoren en een rolling ball die vier diverse posities in de sensorruimte kan aannemen, zie onderstaande figuur. De kogel kan:

- De infrarode LED afdekken.
- Fototransistor 1 afdekken.
- Fototransistor 2 afdekken.
- Niets afdekken.

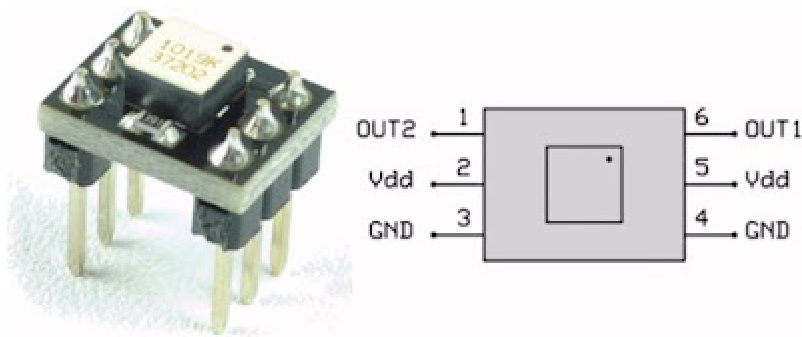
Aan de hand van de uitgangssignalen van de twee fototransistoren kunt u deze vier toestanden goed detecteren. De gevoeligheid bedraagt 30°, hetgeen wil zeggen dat de sensor dat aantal graden in een bepaalde richting moet kantelen om de rolling ball in beweging te krijgen naar de nieuwe richting.


De werking van de RPI-1031 van ROhm. (© 2018 Jos Verstraten)

De specificaties van de module ST-00008 zijn:

- **LED-stroom:** 50 mA max.
- **LED-spanning:** 1,6 V max.
- **Collector/emitterspanning:** 30 V max.
- **Collectorstroom:** 30 mA max.

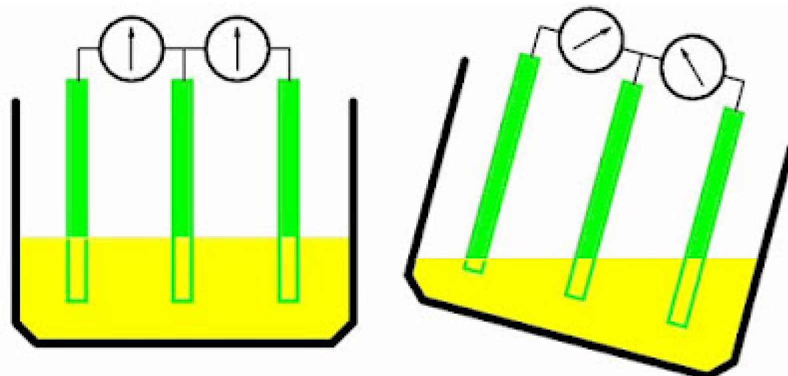
De twee fototransistoren van de RPI-1031 zijn op de module opgenomen in emittervolger-schakelingen. De uitgangen worden gelijk aan de voedingsspanning als de betreffende foto-transistor wordt belicht.



Het uiterlijk en de aansluitgegevens van de ST-00008. (© 2018 Jos Verstraten)

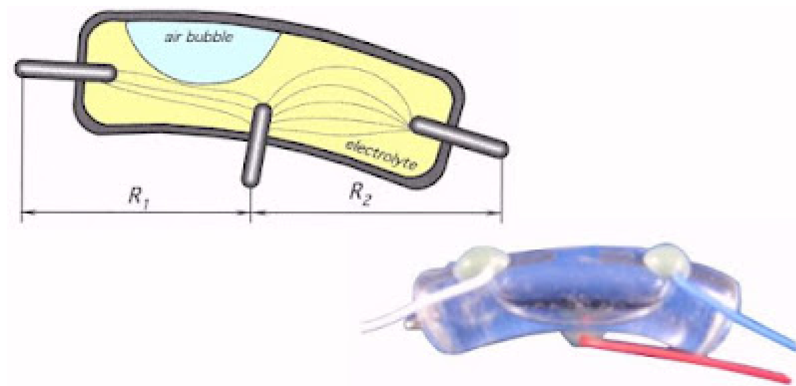
Elektrolytische kantelsensoren

Geleidende vloeistoffen en elektroden
Als u twee elektroden in zuiver water steekt en de weerstand meet stelt u vast dat zuiver water de elektrische stroom nauwelijks geleidt. Anders wordt het als u een metaalzout zoals keukenzout (NaCl, zout van het metaal natrium) aan het water toevoegt. De vloeistof krijgt dan een bepaalde elektrische geleiding die zich uit onder de vorm van een meetbare weerstand. Als u dus drie elektroden in een geleidende waterachtige vloeistof steekt en u houdt de container steeds schever in uurwijzerzin, dan zal de weerstand tussen de twee linker elektroden toenemen en tussen de twee rechter elektroden afnemen naarmate de hoek groter wordt. Met dit verschijnsel als basis heeft men een aantal *'electrolytic tilt sensors'* ontwikkeld.



De principiële werking van elektrolytische tiltsensoren. (© 2018 Jos Verstraten)

De RG-xx sensoren van Spectron Glass and Electronics
Deze sensoren werken weliswaar op het beschreven principe, maar zijn iets praktischer vormgegeven, zie onderstaande figuur. De sensor bestaat uit een klein iets gebogen glazen buisje, waarin drie elektroden zijn ingesmolten. Het buisje is niet volledig gevuld met het elektrolyt, met als gevolg dat er boven de vloeistof een luchtbelletje ontstaat. Als u de sensor naar links of naar rechts kantelt zal het belletje heen en weer bewegen waardoor er meer of minder vloeistof tussen de linker en rechter elektroden overblijft. Hierdoor neemt de weerstand tussen de linker en de rechter elektroden toe of af. Uit deze weerstandsvariaties kunt u de kantelhoek berekenen.



De reeks RG-xx sensoren van Spectron Glass and Electronics. (© 2018 Jos Verstraten)

Let op!
Omdat elektrolytische vloeistoffen ontleden als zij door gelijkstroom worden doorlopen moet u elektrolytische kantelsensoren altijd uitlezen door middel van kleine wisselspanningen en -stromen.